



ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ МЕТОДА ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН

А.Г. Колонин

АйТи Решения, пр.Лаврентьева 6, 630090 г.Новосибирск, Россия

Резюме. Обсуждается сочетание технологии учета сейсмического сноса при обработке данных продольного профилирования и сейсмической томографии данных непродольного профилирования методом преломленных волн. Используется объемная визуализация комплексной сейсмогеологической модели по вертикальным сейсмическим разрезам и горизонтальным сейсмотограммам. Предлагается программное обеспечение сейсмической интерпретации и визуализации – пакет обработки сейсмических и электромагнитных данных Геотомо и система геолого-геофизической визуализации Space Work - от компании АйТи Решения (<http://itso.ru>).

Введение

При использовании сейсморазведки методом преломленных, а точнее – «головных», волн (МПВ) при изучении как приповерхностных неоднородностей так и структур кристаллического фундамента, возникают нижеследующие проблемы.

Во-первых, информации о временах прихода волн и скоростях их распространения часто бывает недостаточно для однозначного определения природы аномалий. Например, при том, что низкоскоростная аномалия может обозначать зону разлома или разуплотнения, флюидонасыщенность самой зоны не может быть надежно определена без использования амплитудных данных, так как ослабление амплитуды может указывать на высокое поглощение сигнала в газонасыщенной зоне.

Во-вторых, горизонтальные размеры интересующих локальных неоднородностей часто бывают меньше нормального сноса преломленных волн, так что оказывается крайне трудно разделить аномалии связанные с изменениями рельефа, скоростей или того и другого вместе. Например, недостаточно протяженная горизонтальная низкоскоростная неоднородность может быть ошибочно интерпретирована как понижение рельефа, так что погребенная зона разуплотнения фундамента может быть идентифицирована как грабенообразная структура.

В третьих, иногда оказывается невозможно обеспечить полное покрытие области исследований по причине наличия природных или промышленных объектов, препятствующих проведению полноценных площадных исследований. Например, в инженерных изысканиях, при изучении динамики состояния тектонических разломов или зон фильтраций в слоях подстилающих существующее строение, невозможно покрыть территорию, занимаемую объектом, сетью сейсмических профилей для стандартных наблюдений МПВ.

В-четвертых, полноценная геологическая интерпретация требует визуального анализа всей совокупной геолого-геофизической информации, включая как продольные сейсмические разрезы, так и структурные планы сейсмических горизонтов в истинном рельефе, с вынесенными на них картами всех исследуемых параметров.

Предлагаемая методика и программное обеспечение

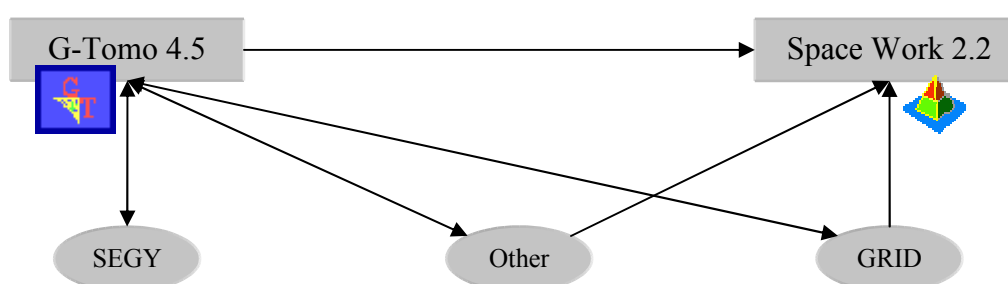
Мы предлагаем технологию сейсмических исследований и методику обработки и интерпретационной визуализации данных вместе с автоматизированными системами «Геотомо» и «Space Work», предназначенными успешно решать указанные выше проблемы.



Система «Геотомо» позволяет производить как углубленную интерпретацию данных продольного профилирования МПВ, так и получение срезов скоростных, поглощающих и рассеивающих свойств среды в произвольных плоскостях по данным скважинных и поверхностных наблюдений - на проходящих, рефрагированных, головных и отраженных волнах.

Система «Space Work» дает возможность объемной визуализации трехмерных сейсмогеологических моделей, включающих произвольные разрезы, срезы и рельефные карты любых геолого-геофизических параметров. Следующий рисунок показывает схему взаимодействия двух систем, от исходных сейсмограмм в формате SEGY до итоговых сечений и разрезов в формате GRID а также других форматах.

Рис 1. Входные и выходные данные систем «Геотомо» и «Space Work»



Наш подход предполагает полное использование всей информации, содержащейся в полевой сейсмической записи. Не только первые вступления могут быть использованы и не только обычные продольные сейсмические разрезы могут быть построены. Мы определяем как времена прихода волн, так и их амплитуды, осуществляя их «приведение» к плоскости преломляющего горизонта, с учетом сейсмического сноса. Обработка производится методами сейсмической томографии, с построением поверхностных карт скоростей и коэффициентов поглощения-рассеяния. Далее, полученные данные о скорости и поглощении-рассеянии могут быть использованы для совместной геологической интерпретации.

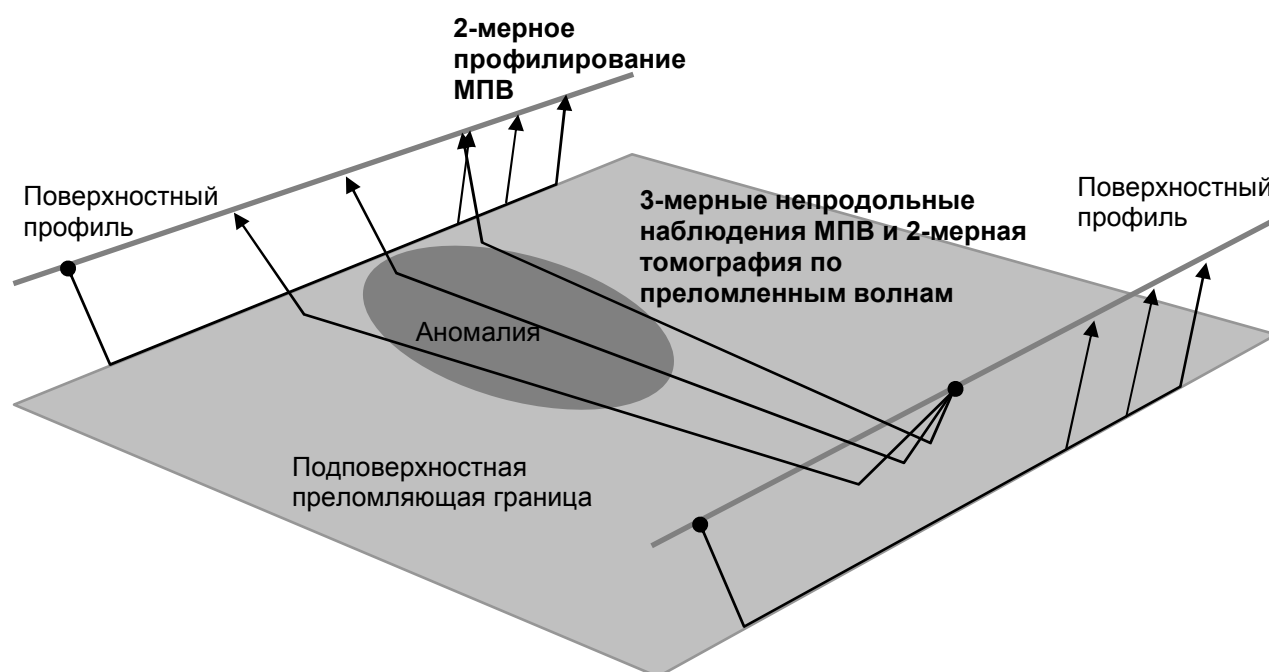
Для исследования частично закрытых с поверхности объектов, мы предлагаем наблюдения преломленных сейсмических волн, организованные по профилям, окружающим объект исследований по контуру. К примеру, как показано на Рис.2, могут быть использованы два различных профиля для источников и приемников, с получением 3-мерных траекторий преломленных волн в подповерхностном пространстве. Далее, в процессе предобработки, может быть учтен сейсмический снос и введены поправки за счет прохождения волн в покрывающей среде. Таким образом, получают «приведенные» данные, как будто полученные при организации наблюдений прямых (проходящих) волн непосредственно на преломляющей границе. Для расчета сейсмического сноса и временных поправок, прежде всего, должны быть организованы обычные 2-мерные сейсмические наблюдения МПВ по используемым профилям. В итоге, используя 2-мерные «приведенные» к поверхности преломляющей границы данные, обычные методы 2-мерной сейсмической томографии могут быть использованы для восстановления скорости и поглощения-рассеяния по кровле преломляющего горизонта.

Для разделения локальных структурных и литологических аномалий при интерпретации годографов первых вступлений МПВ, мы предлагаем два подхода для учета сейсмического сноса. Прежде всего, наша система интерпретации сопряженных годографов позволяет строить многослойную скоростную модель по нагоняющим годографам с различными выносами пункта возбуждения. Сама многослойная модель может быть использована для построения распределения эффективных скоростей вдоль профиля по каждой из преломляющих границ. Эти эффективные



скорости, вместе с начальным приближением глубинной модели, могут быть использованы для оценок пространственного сноса и временных поправок, таким образом, что перекрывающиеся аномалии рельефа и граничной скорости (определяющие структурную и литологическую информацию, соответственно) могут быть разделены. Второй, альтернативный, подход, используемый нами, основан на оригинальном алгоритме «миграции годографов», по сути сходном с миграцией сейсмограмм до суммирования в обычной сейсморазведке методом отраженных волн. При этом, миграция применяется к временам годографов, а не к полному волновому полю. Последний алгоритм может рассматриваться как аналогичный классическому методу «полей времен», при том, что он обеспечивает существенно более высокую разрешающую способность. Оба подхода, кратко описанные выше, обеспечивают сходную эффективность, позволяя получать более высоко разрешенные результаты чем обычная интерпретация МПВ. Без учета сейсмического сноса, побочные «ложные» структурные аномалии искажают рельеф преломляющей границы, в то время как скоростные аномалия оказываются недостаточно контрастными. Учет сноса делает скоростные аномалии более четко выраженными и устраняет побочные структурные эффекты.

Рис 2. Продольная и контурная схемы наблюдений методом преломленных волн

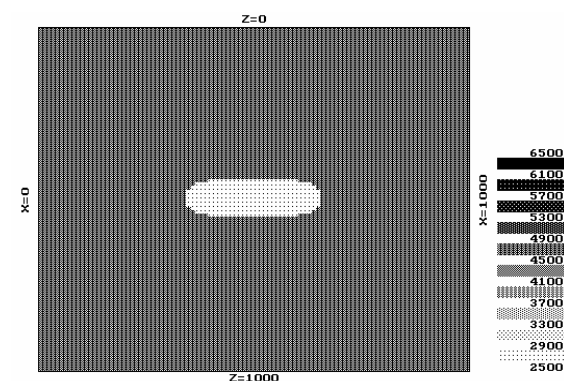


При использовании сейсмической томографии МПВ в сейсмических исследованиях, важно, при наличии такой возможности, обеспечивать наблюдения не только на двух параллельных профилях. Для надежной и представительной интерпретации, критично проводить наблюдения таким образом, что участок исследований оказывается полностью оконтурен профилями возбуждения и приема. Рис.3 иллюстрирует применение приповерхностной сейсмической томографии МПВ для обнаружения изометричной зоны разуплотнения и повышенного рассеяния в фундаменте. Очевидно, что использование набора лучей, ограниченного двумя профилями только на севере и юге или только на западе и востоке, приводит к искажению реконструированных аномалий вдоль преобладающего направления лучевых траекторий.

Субвертикальные разрезы, полученные по прямолинейным или криволинейным профилям и карты скоростей и значений коэффициента поглощения-рассеяния по заданным горизонтам могут быть совместно визуализированы средствами системы «SpaceWork» в трехмерном объеме, как показано на Рис 4. При этом, можно использовать изолинии, цвета, полутона, рельеф, освещенность,



Рис 3. Восстановление скоростной аномалии в кровле преломляющего горизонта методом сейсмической томография МПВ



Синтетическая модель – скорость продольной сейсмической волны.

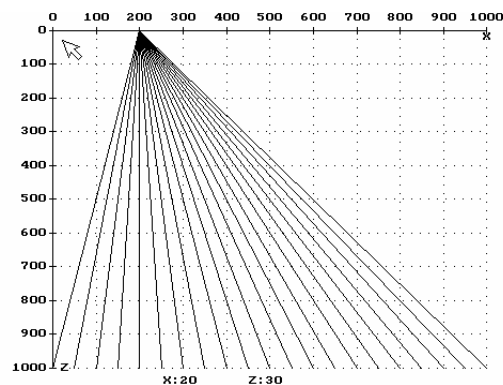
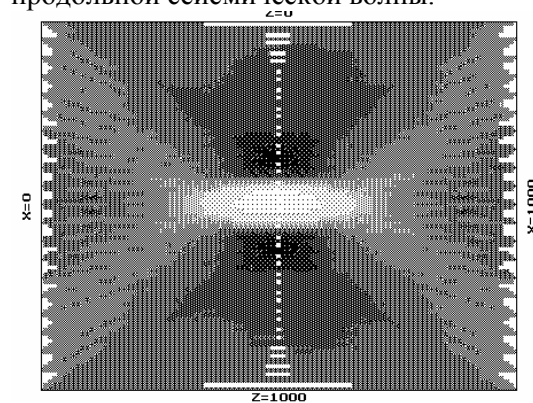
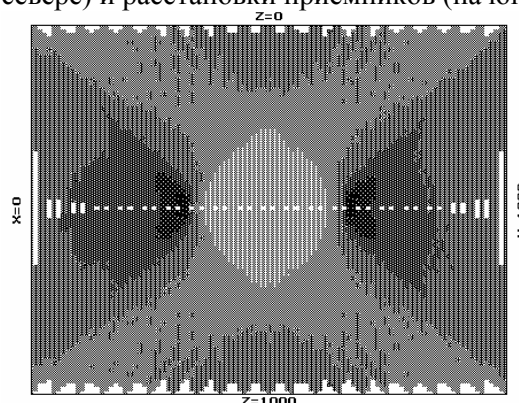


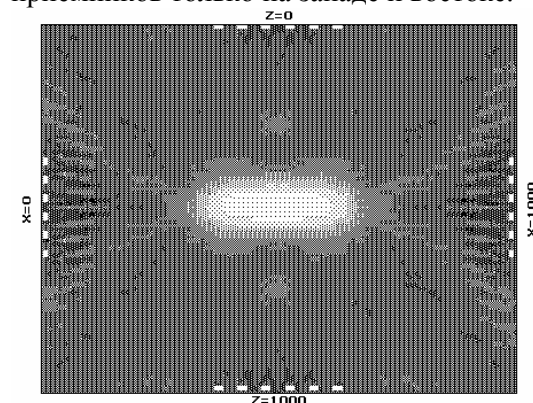
Схема хода лучей для одного источника (на севере) и расстановки приемников (на юге).



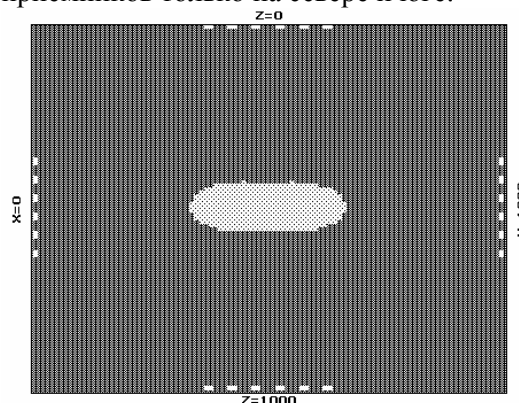
Томографическое восстановление скорости с использованием источников и приемников только на западе и востоке.



Томографическое восстановление скорости с использованием источников и приемников только на севере и юге.



Томографическое восстановление скорости с использованием всех источников и приемников - как на западе и востоке, так и на севере и юге.

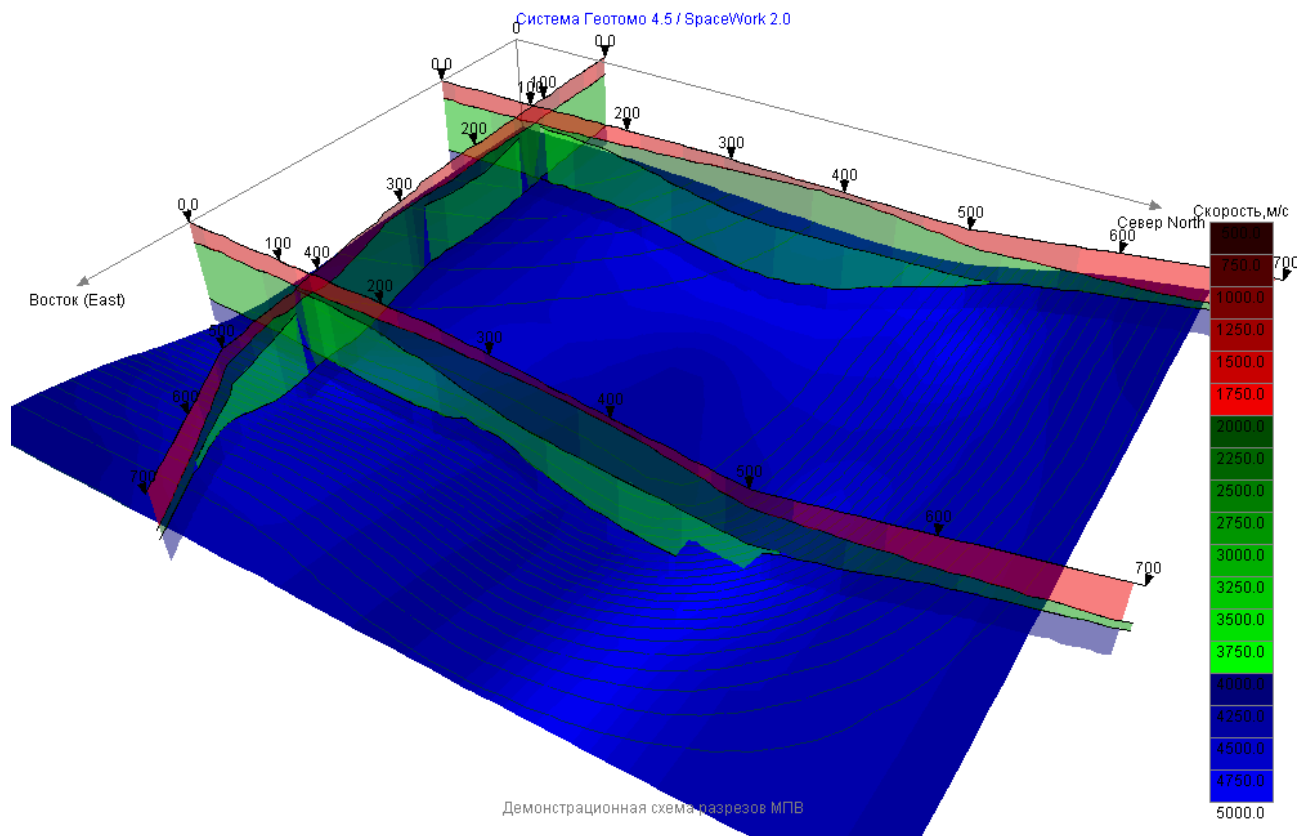


Результат восстановления с использованием всех источников и приемников, после применения многоуровневой дифференциации.

управлять цветовой шкалой и прозрачностью объектов на экране, а также совершать виртуальные путешествия по геологическому пространству, не просто вращая модель перед собой, но и оказываясь непосредственно между несколькими разрезами или горизонтами.



Рис 4. Объемная визуализация продольных сейсмических разрезов совместно с картой скоростей наложенной на рельеф опорного горизонта



Заключение

Помимо обработки и интерпретации данных МПВ, система «Геотомо» позволяет решать широкий круг задач просвечивания, сейсмической и электромагнитной томографии – с использованием как времен прихода волн, так и их амплитуд. Например, по временам и амплитудам сейсмических волн, полученных при межскважинном просвечивании, можно строить сечения по разным скважинам с совмещенным представлением распределений скорости и поглощения. Далее, из множества таких разрезов можно построить единую объемную модель.

Также, система «SpaceWork» дает возможность интерактивной визуализации любой геолого-геофизической информации – данных сейсморазведки методом отраженных волн, электроразведки, геохимических исследований и других.

Система «Геотомо» с 80-х годов использовалась в геологической и горной отраслях при геологоразведочных работах и инженерно-строительных изысканиях, в различных организациях на территории бывшего Советского Союза, таких как Баженовская Геофизическая Экспедиция, Ботубинская Геофизическая Экспедиция, АтомЭнергоПроект, Институт Горного Дела имени Скочинского. Система применялась и применяется при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых, инженерных изысканий и обеспечения безопасности горных работ.

Системы «Геотомо» и «Space Work» представлены в Интернете, с доступной документацией а также учебными фильмами и примерами: <http://itso.ru>.